



# El registro paleoambiental y paleoclimático de las saladas de la Playa y la Salineta (Zona Central de la Depresión del Ebro)



A. Moreno<sup>1</sup>, B. L. Valero-Garcés<sup>1</sup>, P. González-Sampériz<sup>1</sup>, A. Navas<sup>2</sup>, J. Machín<sup>2</sup> y A. Delgado-Huertas<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Instituto Pirenaico de Ecología, CSIC, Avda. Montañana, 1005, Apdo. 202, 50080 Zaragoza; <sup>2</sup>Estación Experimental de Aula Dei, CSIC, Apdo 202, 50080-Zaragoza; <sup>3</sup>Estación Experimental de El Zaidin, CSIC, Prof. Albareda 1, 18008 Granada

[amoreno@ipe.csic.es](mailto:amoreno@ipe.csic.es), [blas@ipe.csic.es](mailto:blas@ipe.csic.es), [pgonzal@ipe.csic.es](mailto:pgonzal@ipe.csic.es), [anavas@cead.csic.es](mailto:anavas@cead.csic.es), [jmach@cead.csic.es](mailto:jmach@cead.csic.es), [antonio.delgado@eez.csic.es](mailto:antonio.delgado@eez.csic.es)

Los análisis combinados de facies sedimentarias, geoquímica y asociaciones polínicas en el registro sedimentario de dos lagos salinos (La Salineta y La Playa), proporcionan nuevos datos para caracterizar la vegetación y las variaciones en el nivel del lago durante el Último Máximo Glacial (UMG), la deglaciación y el Holoceno temprano en la región central del valle del Ebro. Los resultados obtenidos indican que, al menos durante algunos momentos durante el último periodo glacial y la deglaciación y a la vez que la vegetación estépica dominaba la región, algunos lagos experimentaron un balance hídrico más positivo que hoy en día, siendo también mayor la escorrentía. Durante la deglaciación ocurren dos fluctuaciones hidrológicas principales mientras se registran condiciones de mayor humedad durante el Holoceno inferior.

## El registro paleoclimático de los lagos salinos

El estudio del registro de las saladas de la zona central del Valle del Ebro nace de la búsqueda de una explicación al conflicto existente sobre el patrón de precipitación durante el LGM en el área Mediterránea. Algunos autores (Bar-Matthews y Ayalon, 1997; Harrison *et al.* 1996) observan evidencias de fases relativamente húmedas en torno al UMG y durante el Tardiglacial en algunos registros continentales de la zona Mediterránea, particularmente en las zonas central y oriental. Estos resultados están en aparente conflicto con registros palinológicos que indican unas condiciones semi-áridas en el dominio mediterráneo (Pérez-Obiol y Julia, 1994; Carrión y van Geel, 1999). La parte central de la Depresión del Ebro es una zona especialmente sensible a pequeñas variaciones en la cantidad y distribución de la precipitación a lo largo del año (Valero-Garcés *et al.*, 2000a). Por lo tanto, el estudio del registro sedimentario conservado en algunas saladas de la zona proporciona datos valiosos para determinar la historia climática de la región durante el último periodo glacial.

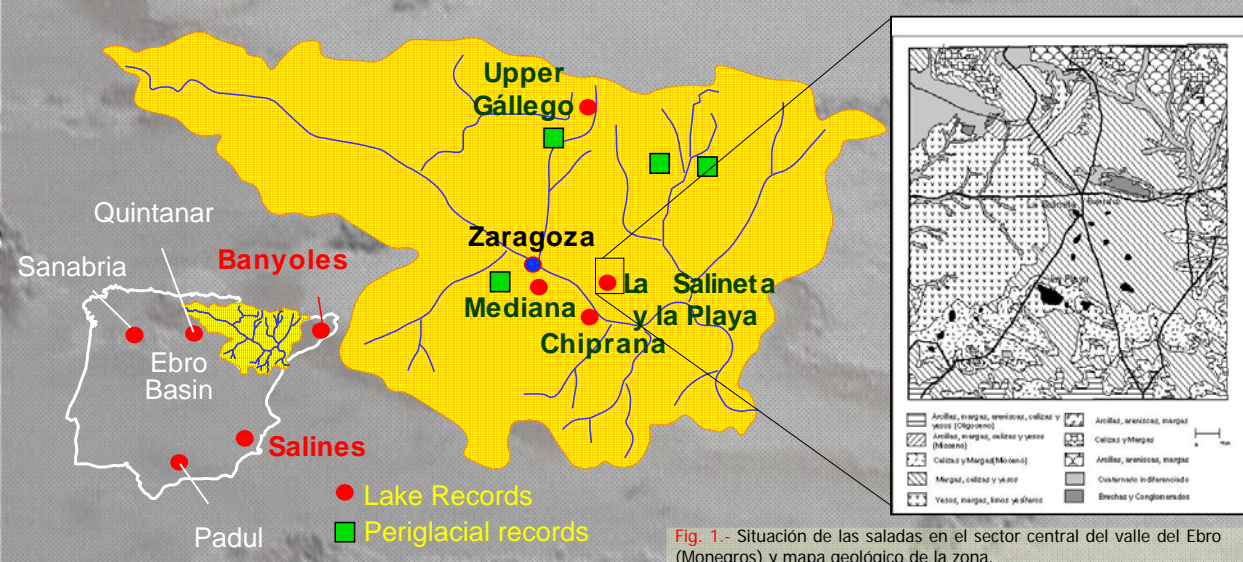


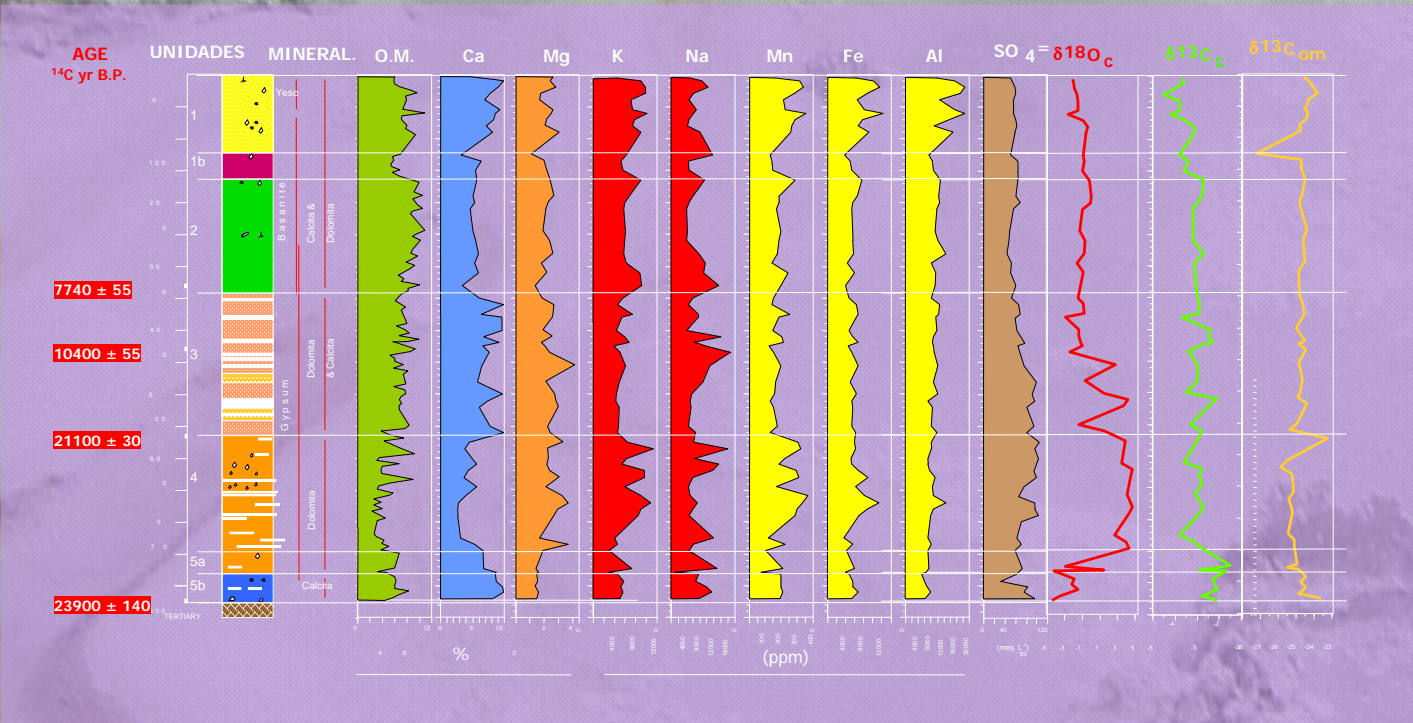
Fig. 1.- Situación de las saladas en el sector central del valle del Ebro (Monegros) y mapa geológico de la zona.

En este trabajo se presentan datos sedimentológicos, isotópicos y palinológicos de dos sondeos realizados respectivamente en las saladas de la Playa y la Salineta. En el primer caso se recuperaron 160 cm en la zona central de la salada, mientras que en el segundo se obtuvieron algo más de 8 m partir de los depósitos acumulados en el borde de la cuenca, constituyendo así el registro lacustre más largo obtenido en el sector central de la Depresión del Ebro (Valero-Garcés *et al.*, 2004). Aunque en ningún caso es posible un estudio de "alta resolución" por las características intrínsecas a este tipo de depósito, incluida la esterilidad polínica de parte de los registros, las dos secuencias combinadas cubren los últimos 24.000 años y proporcionan nuevos datos para la reconstrucción de las condiciones paleoclimáticas del sector central de la Depresión del Ebro desde el último máximo glacial.

## La salada de la Playa

El registro de La Playa presenta una única **datación** disponible ( $8.773 \pm 73$  yr BP) situada a mitad de la secuencia. La integración de los distintos análisis llevados a cabo permite dividir el registro en **5 unidades**. La **unidad basal** presenta el mayor contenido en carbonatos, cuarzo y minerales de la arcilla de toda la secuencia, un máximo en los perfiles de los elementos de carácter terrígeno (Fe, Al), y un mínimo en yeso. La **Unidad 4** se define por un aumento en el contenido de yeso y en el calcio, y una disminución en el resto de indicadores (cuarzo, arcillas). El contenido en materia orgánica, que era mínimo a techo de la Unidad 5, empieza a recuperarse. El paso a la **Unidad 3** se caracteriza por un aumento en la calcita, la continuación de la tendencia creciente en el contenido en materia orgánica y el descenso en los marcadores de aportes terrígenos. El yeso es todavía poco abundante, pero a partir de 90 cm (**Unidad 2**) empieza a aumentar significativamente. A esa profundidad tiene lugar el cambio principal de esta secuencia, pasando a ser el yeso dominante y a aparecer en macrocristales de tamaño milimétrico, como indica el porcentaje de partículas mayores de  $63 \mu\text{m}$ . El tránsito a la **unidad 1** está marcado por un aumento en el contenido en carbonato (calcita). La serie sedimentaria de La Playa contiene **tres secuencias** que pueden interpretarse como una evolución del sistema sedimentario desde condiciones ligeramente carbonatadas hacia términos más sulfatados y salinos. Estas secuencias reflejan cambios hidrológicos en la salada determinados por un progresivo aumento de la aridez. La secuencia basal (unidades 5 y 4) podría corresponder a una de las fluctuaciones climáticas del Tardiglacial. La secuencia intermedia (unidades 3 y 2), acotada por una datación, indica condiciones más húmedas en el Holoceno temprano y el tránsito a mayor aridez en el Holoceno medio a partir de los 8.5 ka. La secuencia superior marca de nuevo una recuperación del balance hídrico en periodos más recientes. Las muestras analizadas contienen suficiente **polen** para realizar un estudio estadísticamente significativo y compararlo con los datos ya existentes en anteriores sondeos (Pérez-Obiol y Roure, 1990; Davis, 1994). En un entorno regional en el que predomina el pino como elemento arbóreo principal, la proporción de *Quercus t. ilex-coccifera* y de *Juniperus* permiten evaluar cambios en la cobertura vegetal. Por otra parte, las proporciones de Chenopodiaceae y taxa acuáticos se correlacionan bien con las fluctuaciones hidrológicas de las saladas (Valero-Garcés *et al.*, 2000b).

## La salada de la Salineta



Los resultados aquí presentados son coherentes con la hipótesis de que, al menos durante algunos periodos, el clima del Mediterráneo Occidental durante el último periodo glacial se caracterizó por inviernos fríos, con alta humedad efectiva (precipitación menos evaporación) y sequías de verano. Un aumento del flujo de los ríos pirenaicos durante la deglaciación temprana pudo jugar un importante papel en el ciclo paleohidrológico en la zona central del valle del Ebro.

**Referencias**

- Bar-Matthews, M. y Ayalon, A. (1997): Late Quaternary paleoclimate in the Eastern Mediterranean region from stable isotope analysis of speleothems at Soreq Cave, Israel. *Quaternary Research* 47: 155-168.
- Carrión J.S. y van Geel, B. (1999): Fine-resolution Upper Weichselian and Holocene palynological record from Navarrés (Valencia, Spain) and a discussion about factors of Mediterranean forest succession. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 106: 209-36.
- Davis, B.A.S. (1994): *Paleolimnology and Holocene environmental change from endorheic lakes in the Ebro Basin, north-east Spain*. Ph. D. Thesis, University of Newcastle upon Tyne, 317 p.
- Harrison, S.P., Yu, G. y Tarasov, P.E. (1996): Late Quaternary lake-level record from Northern Eurasia. *Quaternary Research* 45: 138-159.
- Pérez Obiol, R. y Julia, R. (1994): Climatic change on the Iberian Peninsula recorded in a 30,000-yr pollen record from Lake Banyoles. *Quaternary Research*, 41: 91-98.
- Pérez-Obiol, R. y Roure, J.M. (1990): Aportaciones palinológicas para la interpretación de la evolución reciente del paisaje vegetal de los Monegros. *Actas VII Simposio APLE* (1988), 485-491.
- Prentice, I.C., Guiot, J. y Harrison, S.P. (1992): Mediterranean vegetation, lake levels and palaeoclimate at the Last Glacial Maximum. *Nature*, 360: 658-660.
- Valero-Garcés, B.L., González-Sampériz, P., Navas, A., Machín, J., Delgado-Huertas, Peña-Monre, J.L., Sancho-Marcén, C., Stevenson, T., y Davis, B. (2004): Paleohydrological fluctuations and steppe vegetation during the last glacial maximum in the central Ebro valley (N.E. Spain). *Quaternary International*, en prensa (disponible *on line* desde el 14/03/04).
- Valero-Garcés, B.L., Delgado-Huertas, A., Navas, A., Machín, J., González, P., y Kells, K. (2000a): Quaternary palaeohydrological evolution of a playa lake: Salada Mediana, central Ebro Basin, Spain. *Sedimentology*, 47: 1135-1156.
- Valero-Garcés, B.L., González-Sampériz, P., Delgado-Huertas, A., Navas, A., Machín, J. y Kells, K. (2000b): Late Glacial paleohydrology and vegetational change in Salada Mediana, Central Ebro Basin, Spain. *Quaternary International*, 73/74: 29-46.

**Agradecimientos**  
Este trabajo se ha realizado con la financiación económica del Ministerio de Ciencia y Tecnología-CICYT (Proyecto REN2000-1136) y de la Diputación General de Aragón (Proyecto P023/2001).

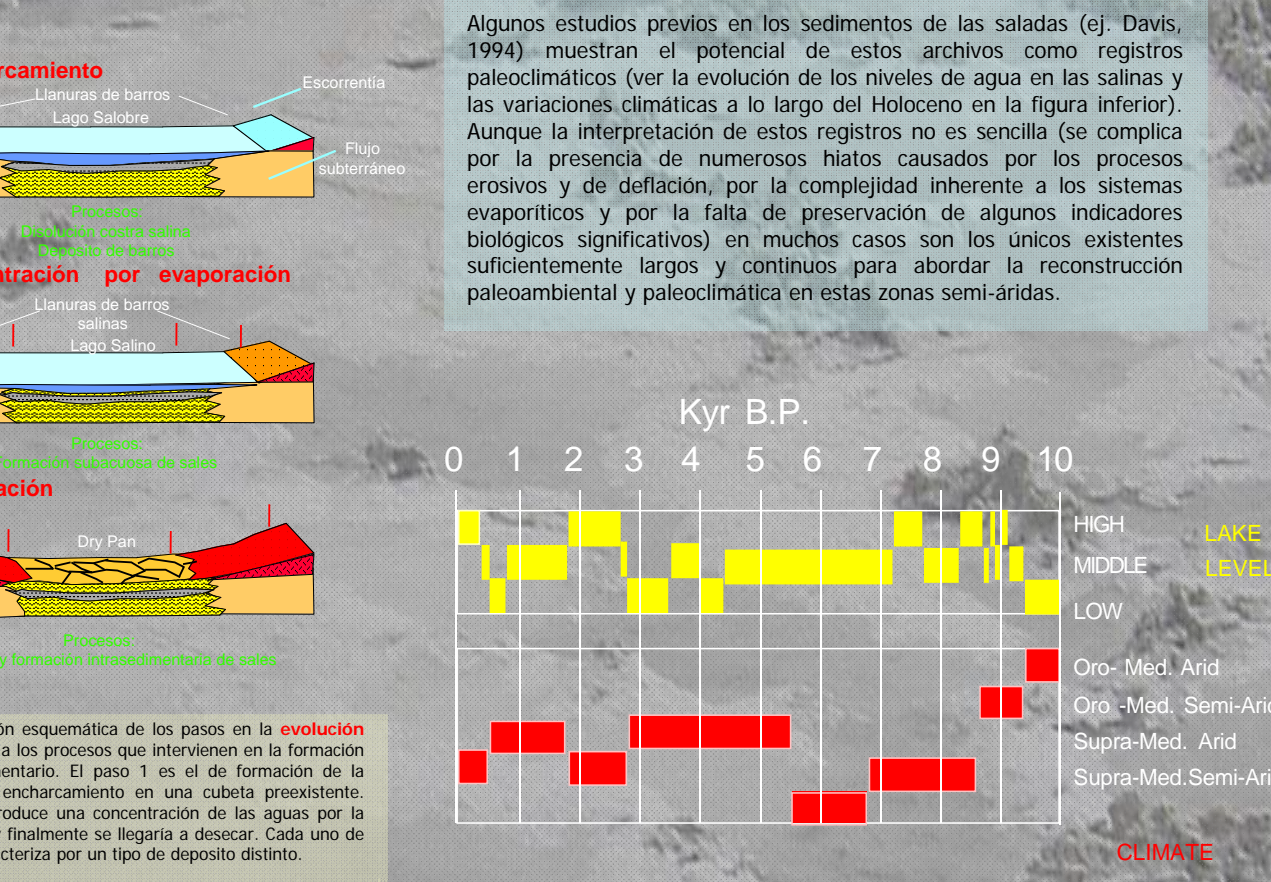
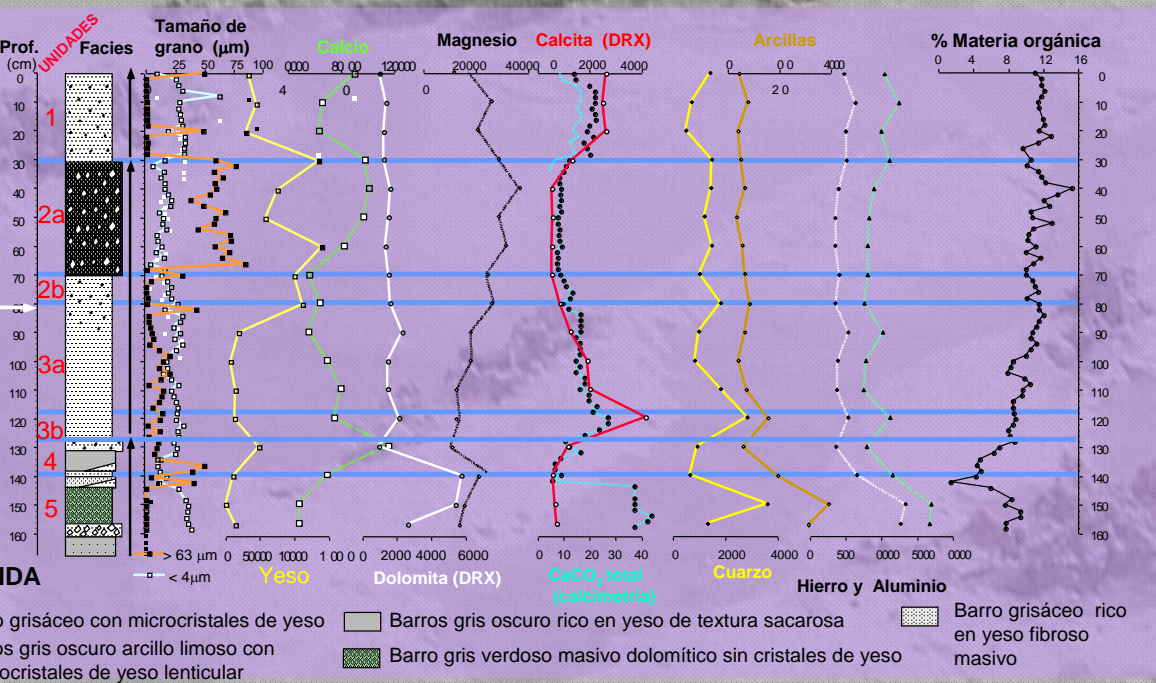


Fig. 2.- Representación esquemática de los pasos en la **evolución de una salina** junto a los procesos que intervienen en la formación de su registro sedimentario. El paso 1 es el de formación de la salada debido a un encharcamiento en una cubeta preexistente. Posteriormente, se produce una concentración de las aguas por la intensa evaporación y finalmente se llegaría a desecar. Cada uno de estos estadios se caracteriza por un tipo de depósito distinto.



El sondeo de La Salineta, permite reconstruir las oscilaciones paleohidrológicas durante los últimos 24.000 años pero no los cambios de vegetación debido a la esterilidad polínica de la mayor parte del registro. Se han identificado cinco **unidades sedimentarias** basadas en criterios sedimentológicos, litológicos y geoquímicos. La **Unidad 5** se compone de barro gris-verdosos, de masivos a ligeramente laminados, ricos en yeso y en calcita. La presencia de calcita como único mineral carbonatado en la **Unidad 5B** sugiere un corto periodo de aguas menos concentradas después de la génesis de la cuenca lacustre (etapa de mayor disponibilidad hídrica). Un descenso en el contenido en carbonato y la aparición de dolomita marca una rápida transición a la **Unidad 5A** indicando aguas más concentradas y frecuentes periodos de desecación. La **Unidad 4** se compone de barro masivos dolomíticos con abundantes costras de yeso, depositada en un ambiente de lago salino efímero. La **Unidad 3** se caracteriza por la aparición de láminas de yeso microcristalino y por la presencia simultánea de calcita y dolomita, lo cual se interpreta como un balance de agua más positivo y una salinidad más baja, típico de un lago salino semi-permanente con periodos de mayor concentración de las aguas (depósito de yeso). Las **dos unidades superiores** sugieren un progresivo aumento en el balance hídrico. Los resultados de los análisis de los **isótopos estables** son coherentes con la evolución de los ambientes de depósito interpretados a partir de las facies sedimentarias. El perfil de  $\delta^{18}\text{O}$  muestra los valores más negativos en la Unidad 5 que aumentan hasta el techo de la Unidad 4. La Unidad 3 comienza con una marcada excursión negativa y contiene dos ciclos. El paso a la Unidad 3A ocurre de un modo abrupto y a partir de ahí hasta el techo del sondeo la variación es menor y los valores son relativamente bajos. El registro del  $\delta^{13}\text{C}$  en carbonatos muestra tres intervalos bien diferenciados: la Unidad 5, con los valores más pesados, las Unidades 4, 3 y 2, que muestran poca variabilidad y la Unidad 1 en la que hay un ligero descenso de los valores isotópicos. Los valores del  $\delta^{15}\text{N}$  en la **materia orgánica** están entre -20 y -26‰, exceptuando una muestra en la base de la Unidad 1a que alcanza los -27‰. Estos datos sugieren el predominio de las fuentes terrestres sobre las lacustres. La alta variabilidad registrada durante las Unidades 4 y 3 y los valores menos negativos apuntan a la presencia de plantas terrestres halófitas (valores entre -20 y -24‰), coherente con la existencia de fluctuaciones hidrológicas en un ambiente de lago salino semi-permanente.



Las fotos de la izquierda muestran diferentes aspectos de la costra salina de La Salineta, compuesta principalmente por halita y bloedita ( $\text{Na}_2\text{Mg}(\text{SO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ), como indican algunos resultados puntuales de Difracción de Rayos X.